

百 科 小 叢 書

從牛頓到愛因斯坦

哈 文
樓 元
著 輯

王 雲 五 主 編

資源委員會遷務處惠贈

品

十一

商務印書館發行

書叢小科百

從牛頓到愛因斯坦

哈 樓 著
文 元 模 譯

王雲五主編

商務印書館發行

中華民國二十二年十一月四日
 中華民國二十四年五月國難後第一版

(52254)

百叢書 從牛頓到愛因斯坦 一冊

From Newton to Einstein

每冊定價大洋貳角

外埠酌加運費儲費

原著者 B. HARTNOW

譯述者 文元模

主編者 王雲五

發行兼印刷者 上海河南路商務印書館

發行所 上海及各埠商務印書館

 * 版權所必究 *

(本書校對者湯蔭人)

22

緒言

愛因斯坦 (Einstein) 的相對論出世後，不到二十年，搖動了科學的基礎，影響到哲學的思潮。近兩年來，世界學者及學生的視線，都集在這個偉人的身上。就是學術最幼稚的我國，從羅素 (Russell) 來講演後，也無人不知道這相對論的名詞。古來革命的學說雖多，恐怕比相對論更精微深遠的再也沒有了。但是西方有句俗話，說羅馬不是一天造成的 (Rome can not built in a day)，愛因斯坦的原理，雖是根本的推翻了牛頓的定律，但若是沒有牛頓在前開路，又沒有繼起的人沿途立了許多標幟，恐怕他雖有不世出的天才，也尋不出這個新天地來。所以要知道相對論說的是些甚麼，須先明白他的源流。不然縱講的人說到舌敝唇焦，聽的人還是茫然不解。這不但是學相對論的應該如此，凡是研究一種科學，要想得一個明白的概念，都不可不知道他變遷的歷史，和發達的程序。

因爲這個理由，我久想做一篇相對論小史，供一般學生的參考。總沒有功夫編出一個程度一貫的順序來，去年在學藝上曾登過一篇愛因斯坦的新宇宙觀，雖是本這個意思做的，後來自己看去，常覺掛一漏萬，眉目不明，讀者程度淺的未必明白，程度深的不用參考。結局那篇文章無益於人。後來看見美國哈樓(Harrow)著一小書，用平常的言語敘述自牛頓至愛因斯坦時間和空間的觀念，萬有引力的見解，光的性質，相對的原理，頗淺近明白。只要有中學程度的物理學知識的人，即不難知其大意。得閒便摘譯些出來，成了這篇。或者也可以作一般讀者之一助罷。

但是本篇的目的，既是在使一般讀者了解，自然不能任意發揮。讀者看完，也只能知道相對論中的問題是些甚麼，不能明白相對論中的問題怎麼解釋。若要求更進一步，我現在正譯愛因斯坦的原著，譯成後再質之高明。本篇不過是一個歷史的概觀罷了。

目次

緒言.....	一
一 牛頓.....	一
二 能媒與其效應.....	一六
三 愛因斯坦.....	二五
附錄.....	四九

從牛頓到愛因斯坦

一 牛頓

牛頓未出世以前，太陽系是一個混沌的東西，沒有一定的形狀。牛頓出來，纔明顯了。他所發見的定律，不特可以用在地球表面的物質上，還可用在一切日月星辰上，都沒有錯誤。牛頓所以能成科學界的偉人，也是因為這個功績。

牛頓的萬有引力定律初出世的時候，同時代的人自然是駭怪的。但是因為地球上的現象，都包在這定律裏頭。所以世人纔由近及遠，信宇宙的組織，確是一個照着他的定律製造出來的機器一樣。

牛頓的定律說，兩個物體相引的力，和他們的質量是正比例，他們相隔的距離的自乘是反

比例。我們若把這定律用在太陽和地球上，我們便可以說，太陽引地球，地球也引太陽。因為太陽的質量比地球大得多，所以太陽向地球的加速率小，地球向太陽的加速率大。而且這引力是和太陽與地球的距離的自乘爲反比例，所以距離若是減去一半，引力便增加四倍，距離若是增加二倍，引力便減少成四分之一。但是就太陽和地球說是這樣，就其他的物體說也是這樣的。據魯散夫（Rutherford）的研究，牛頓的定律，就是應用到一個原子的極小世界也可以成立。所以這定律叫做萬有引力的定律，凡宇宙間的物體互相吸引的力，叫做萬有引力。我們要知道牛頓貢獻於天文學上的功勞，只要回顧十七世紀以前的科學便可了然。在中世紀的時代，托勒米（Ptolemy）的學說，早已深入人心。人人都相信地球是宇宙的中心，太陽是繞着地球轉的。托勒米的天動說和亞里士多德的地水火風四元論，都是那時代的金科玉律，不容人懷疑的。

但是哥白尼竟不肯附和，費了一生功夫，專心研究天體的運動，攻擊托勒米的學說完全錯了。他說太陽是一點不動的，動的是地球。地球不是宇宙的中心，太陽纔是；地球不過是繞着太陽迴轉的一個行星，地球之外繞太陽迴轉的行星還不少。

他這學說出來，當時的人都視爲異端，大加排詆。提恰伯拉黑（Tycho Brahe）就是反對派中的代表人物，他主張行星是繞着太陽轉的，而行星和太陽又繞着地球轉。大多數人都很贊成此說。信仰哥白尼的不過少數，而有名的噶利略（Galileo）就在此少數人中。噶利略發明了望遠鏡，實行觀測，更信哥白尼的學說一點不錯。他起初還不敢發表他的意見，躊躇了許久纔發表出來，果然輿論大譁。他雖是有望遠鏡的觀測做證據，但是當時的大學教授和審判官都不聽地，硬下了一個宣告說，日靜地動的思想，無論從哲學上說，從形式上說，都是荒謬，因爲這思想明明有背聖經。他們不但下了這個無理的裁判，並且迫着噶利略自己承認是謬見，甘心拋棄，纔滿足了。

但是真理是不能久屈的。不久便有他人出來反對這些橫暴的大多數。其中最出色的一個是克卜勒（Kepler）。他是噶利略的朋友，又是提恰伯拉黑的學生。他雖否認哥白尼的學說，也不完全贊成。他批評哥白尼的謬誤，是行星繞日成圓的主張。哥白尼這個主張，本是根據亞里士多德來的。因爲亞里士多德說圓是一切形狀中最完全的形狀。哥白尼便想到自然是完全的，

圓也是完全的，所以若是太陽迴轉，應該成圓，但是太陽不成圓，所以太陽不是動的，動的是行星，行星軌道是圓。

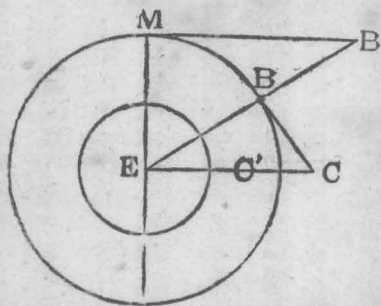
克卜勒受了提恰伯拉黑的陶冶，留心觀測，不以這主張爲然，自得了一個斷案，是『地球繞太陽的軌道是橢圓不是圓，太陽的位置在這橢圓的一焦點上。』克卜勒從觀測得了三個定律，這便是其中的一個。這三個定律，即是牛頓定律的開路先鋒。牛頓見蘋果落地，發見地球引力的話，人人都知道的。但是這話實在錯了。牛頓以前的人，難道沒有見過蘋果落地麼？牛頓的大功並不在發見地球引力，是在發見這不可思議的引力，不止地球有，凡宇宙間一切物質都有的。月和星的運動，都可用這引力來說明的。這不過只就他的思想說，他的勝利是用簡單的數學的關係把一切天體的運動都普遍的表明了。

牛頓心裏想一個蘋果可以從五十尺的樹上落下，也可以從五百尺的落下，也可以從幾里高的高山上落下，也可以從比最高山還高的地方落下。蘋果隔地愈遠，受地球的引力愈小也未可知，但是完全不受引力的距離是甚麼呢？

在空間和地球相隔最近的物體是月。他與地球的距離大約是 240,000 哩。若是從月上投一蘋果，可以落到地上麼？若是可以落下，其他的物質也應該一樣。那麼，月自己也是一個物體，地球也應該對於他有引力了。若是地球能引月，爲什麼月不落下呢？要解釋這個問題，只看下圖便可明白。我們第一要記着月不是靜止的，是常以很大的速率運行不息。若是沒有地球，月的軌道當成直線如圖中之 MB 。但是因爲受了地球的引力，月即被引向內方。所以他的軌道不是直線 MB ，是曲線 MB ，月到了 B 點之後，又因爲地球引力的作用，不能沿着 $B'C$ 飛去，却沿着 $B'C$ 運行，依克卜勒的研究，這軌道成橢圓不成圓。

月不落下的惟一理由，就是因爲他是動的緣故。牛頓由此

推定月繞地球的原因是地球的引力。便進一步，用克卜勒觀測太陽和行星的運動得來的材料做根據，設了一個假定，說這引力是和距離的自乘爲反比例。從這個假定他算出了地球引月的



力，一面又測定地球引蘋果的力，將二者比較，完全一致。此即是他萬有引力定律的由來。

若是月的運動，受地球引力的牽制，我們爲甚麼不能想地球的運動是受太陽的牽制呢？不但地球，就是一切行星的運動安知不是同一原因？

要解決這個問題，克卜勒的研究，又成了當時惟一的憑藉了。上文曾經說過，地球繞太陽的軌道是橢圓，太陽即在其一焦點上。牛頓使用數學的推理，證明了他的定律和這個定律是同一關係。若是太陽與行星相引之力和其間距離之自乘爲比例，克卜勒的定律，不過是數學上一個當然的結果。因之他的假定便成爲確定了。

牛頓萬有引力定律的第二步發展 上文地球引月或月引地球的意思，是說若把地球和月細分作無數質點，地球的各質點吸引月的各質點。我們若要求行星和衛星的引力或行星和太陽的引力，也非將這無數質點互相吸引的力一個一個分開計算不可。照這樣做去，其繁雜已是想像有餘了。牛頓於此又指出一個方法來。凡如地球和月的球形物體可以將他看作一個全體質量都集合在中心的質點。因此地球和月的引力問題，便成了兩個質點的引力問題。

若是牛頓的定律可以應用到地球以外的一切行星，許多地球上不可解的謎也可以得解。例如海潮卽是一謎。從古代起，早已人人知道滿月和滿潮是並行不爽的。但是只知其當然不知其所以然。到了牛頓的手裏纔明白指示出來，潮水的高不過是月的引力所生的效果，與太陽沒有大關係。

牛頓定律的種種直接應用之中，還有一個最注目的，是說明月的不規則運動。若是太陽系沒有別物，只有地球和月，月的軌道當成橢圓，地球當在這橢圓的焦點上。無奈空間中還有比較近的天體而且還有太陽是很大的，他不但能引地球，也能引月。不過太陽雖比地球大，他和月的距離却比地球和月的距離大得多罷了。月的一方受地球的引力，又從他方受太陽的引力——後者比前者小——所以他的軌道不能成完全的橢圓。牛頓從他的萬有引力定律，把月在各種位置所受的力一一算出，證明了月的實軌道也不過是這定律的一個直接應用問題。

牛頓的格物原論 (The Principia) 牛頓的萬有引力的定律和運動的定律發表在他的格物原論中，一六八六年纔出版的。我們要窺測這名著的內容和著者的風範，只看以下所引的

一節緒言便可知道：『……這書的宗旨是在研究哲學底數理的原理。因為哲學的一切難點都在從運動的現象研究自然的力，再從自然的力，研究其他的現象。這書的第一和第二卷的一般命題，即是爲這個目的。第三卷說明宇宙的系統即是一個例。因為在這第三卷中，我從天界的現象推出了太陽和種種行星吸引物體的力，而推論時所用的命題，都是第一卷和第二卷裏用數學證明了的。我推出這些引力後，又用其他的數學命題，演繹出行星，彗星，月，海等等的運動。我希望其餘的自然現象，也可以用一樣的論理法從力學的原理演繹出來。因為我有種種理由覺得這些現象必都與物體相引，相凝集，或相斥，相離散的力有關，不過原因不明而已。……』

若問萬有引力的起源，我們可以說牛頓和牛頓的後繼者都不能更進一步，創出一個近於真理的學說來。我們知道引石落地的力是這個力，我們並且知道因這力而起的運動，是能遵從牛頓的定律。但是這引力是怎樣起的，我們無從知道。這個神祕恐怕和生命的神祕一樣。

牛頓的運動定律 牛頓的格物原論開首下了幾個關於物質和力的簡單定義，其次就是他有名的三個運動定律。這三個定律之中，凡是足以使物體起動的力的性質和分量，保持運動

的條件，質量，時間，空間的種種關係；都包含在內。其中最重要的是把時間和空間看成判然各別，獨立不屬的本體。牛頓的原理和現代愛因斯坦的原理根本不同即在此處。

牛頓的引力定律，是從運動數學深遠的研究得來的。愛因斯坦的引力定律也是如此。但是牛頓的運動觀念和愛因斯坦的運動觀念不同，而且物質的性質，物質和運動的關係現在又增加了許多重要的發見，爲牛頓時代所不會夢到的，無怪牛頓的定律和愛因斯坦的定律判然各別了。那麼這二定律不是不能兩立麼？我們將來自然明白這二定律也不是不能兩立，只是牛頓的理論不過是愛因斯坦的理論中一部分罷了。若是我們只注意我們的太陽系，牛頓定律也差不甚大。

牛頓的運動定律，實際不過是一種公理，猶如歐几里德 (Euclid) 的公理一般都不能直接證明的。二者不同的地方，就是一個是常人一見便能了解，一個是常人不易了解的。例如歐几里德教給我們，『若甲乙都和丙相等，甲和乙也相等，』我們對於這個公理決不懷一點疑，但是牛頓定律說：『運動的變化，是和所加的動力，成正比例。』這句話，我們第一不明白他的語意；

就算明白了，不熟習的人還不能自由應用。

牛頓的第一運動定律說：『凡物體不受外力，靜的常靜，不能自動，動的常動，而且時時刻刻的速率是相等的，方向是一定的。』所以我們若要使靜的物體動，或是使動的物體改變方向或速率，須要有打勝他的惰性（Inertia）的原因。

但是我們沒有方法可以證明不受外力的動體是永久在一直線上進行不止的。牛頓的第一定律的意思，不過是主張若是沒有外力，動體可以在一直線上，進行不止罷了。所以這第一定律是無從實驗的。

牛頓的第一定律是一個「力」的定義，凡是改變物體的運動速率或運動方向的作用都叫做力。他的定律便是決定力和運動的變化有何關係。換句話說，第一定律是力的定義，第二定律是力的測定法。這定律說：『運動的變化是和所受的力相比例，變化的方向是在施力的直線上。』

牛頓的第三定律，是『凡有一作用必有一反作用，作用和反作用相等，方向相反。』我們平

常說「用力」這句話的意思，即是說要打勝一種性質反對的東西。例如拉船的馬，拉船索向前之力和船索拉馬向後之力相等。初學的人都疑惑這個道理，以爲馬施於船索之力若不比船索拉馬向後之力大些，船不能前進的。但是我們要記着在這個例裏面，若是就相對的位置說，馬和船都是靜止的；二者合成一體。馬和船的作用與反作用，係由船索的張力而起。此二者須相等而方向相反，否則馬和船即將起相對運動。

至於牛頓的定律和時間與空間的問題有何關係，我們只看他測力的方法便知。因爲在他的定律中，關係物體的質量，所含的時間與所經的空間都是測力的重要因子。從他的運動方程式，我們可以知道牛頓假定的時間與空間是互相獨立的。這即是牛頓定律和愛因斯坦定律最顯著的差別。

牛頓的光學研究 一六六五年，牛頓二十三歲的時候，早發明了二項式定理和微積分學，爲純正數學開一新天地。他縱令沒有其他的發明，只此二事已可以垂名不朽了。但是他不僅創造出數學的分科，建設了力學的基礎，還對於光學也有許多的貢獻。從他的貢獻，纔引起後來無